

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Приладобудівний факультет
Оптичних та оптико-електронних приладів**

«На правах рукопису»
УДК _____

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
_____ Колобродов В.Г.
«__» _____ 20__ р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

зі спеціальності 152. Фотоніка та оптоінформатика

**на тему: «Підвищення ефективності оптико-електронних систем
шляхом комплексування зображень»**

Виконав:

студент VI курсу, групи ПО-72мп
Климанський Денис Миколайович _____

Керівник:

Доцент кафедри, к.т.н.
Микитенко Володимир Іванович _____

Консультант з стартап-проекту:

Доцент, к.е.н,
Бояринова Катерина Олександрівна _____

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних
посилань.
Студент (-ка) _____

Київ – 2018 року

РЕФЕРАТ

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ ШЛЯХОЮ КОМПЛЕКСУВАННЯ КАНАЛІВ

Обсяг роботи – 76 сторінок

Кількість ілюстрацій – 65

Кількість таблиць – 26

Кількість джерел за переліком посилань – 35

Актуальність. В даний час важливим завданням є виявлення та розпізнавання цілей. Комплексування зображень показали істотну якісну і кількісну вигоду у вирішенні задач виявлення, розрізнення, розпізнавання, стеження та цілевказання. Комплексування дає змогу отримати більш інформативне результуюче зображення, ніж від зображень, що отримані окремо, кожне своїм каналом. Це значно покращує якісь роботи оператора, що працює з ним.

Тому є актуальним підвищувати ефективність існуючих методів комплексування зображень, що були отримані з різних каналів.

Мета дослідження: Покращити споживчі якості оптико-електронних систем спостереження.

Завдання дослідження:

1. Оглянути найпопулярніші рішення злиття зображень;
2. Обрати один з методів та запропонувати його покращення;
3. Дослідити результати покращення запропонованих методів.

Об'єкт дослідження: Оптико електронна система з двома спектральними каналами.

Предмет дослідження: Підвищення ймовірності виявлення об'єктів в двохканальних системах.

Публікації:

1. Климанський Д. М. Способи розділення спектральних діапазонів при комплексуванні зображень / Климанський Д. М., Микитенко В. І. // Погляд у майбутнє приладобудування: матеріали доповідей XI науково-технічної конференції студентів та аспірантів, 15-16 травня. – К. КПІ імені І. Сікорського, 2018. – С. 118 – 121.

2. Климанський Д. М. Методи комплексування зображень / Климанський Д. М., Васильчук М. Т., Микитенко В. І. // XIV Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Ефективність інженерних рішень у приладобудуванні», 4-5 грудня 2018 р. – К.: ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2018. – 62-64 с.

3. Васильчук М. Т. Способи суміщення оптико-електронних каналів в багатоканальних ОЕП / Васильчук М. Т., Климанський Д. М., Микитенко В. І. // XIV Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Ефективність інженерних рішень у приладобудуванні», 4-5 грудня 2018 р. – К.: ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2018. – 55-58 с.

Ключові слова: *комплексування зображень, тепловійний канал, телевізійний канал, двоканальні системи спостереження.*

ABSTRACT
ENHANCEMENT OF OPTICAL-ELECTRONIC SYSTEMS
EFFICIENCY BY IMAGE FUSION

Number of pages – 76

Amount of figures – 65

Amount of tables – 26

Amount of references – 35

Topic relevance. Nowadays, the essential task is the identification and recognition purposes. Composition of the images showed significant qualitative and quantitative benefits in solving the problems of detection, differentiation, recognition, tracking and targeting. Compilation allows you to get a more informative resultant image than from the images taken separately, each with its own channel.

That why, it is important to increase the efficiency of existing methods of image fusion, which were obtained from various channels.

Research goal: Improve the quality of consumer optoelectronic surveillance systems.

Research objectives:

1. Explore the most popular images fusion solution;
2. Choose one of the methods and suggest improvements;
3. Explore the proposed methods to improve results.

Object of research: Optoelectronic system with two spectral channels.

Subject of research: Increased probability of detection of a dual system.

Publications:

1. Климаський Д. М. Способи розділення спектральних діапазонів при комплексуванні зображень / Климаський Д. М., Микитенко В. І. // Погляд

у майбутнє приладобудування: метеріали доповідей XI науково-технічної конференції студентів та аспірантів, 15-16 травня. – К. КПІ імені І. Сікорського, 2018. – С. 118 – 121.

2. Климаський Д. М. Методи комплексування зображень / Климаський Д. М., Васильчук М. Т., Микитенко В. І.// XIV Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Ефективність інженерних рішень у приладобудуванні», 4-5 грудня 2018 р. – К.: ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2018. – 62-64 с.

3. Васильчук М. Т. Способи суміщення оптико-електронних каналів в багатоканальних ОЕП / Васильчук М. Т., Климаський Д. М., Микитенко В. І.// XIV Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Ефективність інженерних рішень у приладобудуванні», 4-5 грудня 2018 р. – К.: ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2018. – 55-58 с.

Keywords: *image fusion, IR channel, EO channel, multi channel surveillance systems.*

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ КОРОЧЕНЬ

ОЕС – оптико-електронна система

ТПВ – тепловізійний канал

ТВ – телевізійний канал

ФЦО – фоноцільова обстановка

ПІ – приймач випромінювання

БКОЕС – багатоканальна оптико-електронна система

ДКОЕС – двоканальна оптико-електронна система

ЗМІСТ

Вступ	8
РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД МЕТОДІВ ПОПІКСЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСУВАННЯ ЗОБРАЖЕНЬ В ОЕС.....	10
1.1. Огляд багатоспектральних оптичних систем.	10
1.2 Методи комплексування зображень	13
1.2.1 Метод максимума	14
1.2.2 Метод маски	15
1.2.3 Метод усереднення	16
1.2.4 Метод степеневого перетворення	17
1.2.5 Метод черезрядкового комплексування.....	18
1.2.6 Метод вагової функції	19
1.2.7 Виділення країв за допомогою методу CANNY.....	20
1.3 Синхронізація зображень з різними просторовими спотвореннями отриманих з різних каналів багатоканальної оптико-електронної системи.	25
Висновки до розділу 1.....	28
РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ АРИФМЕТИЧНИХ МЕТОДІВ КОМПЛЕКСУВАННЯ В РІЗНИХ УМОВАХ СПОСТЕРЕЖЕННЯ.....	29
Вступ	29
2.1 Фізико-математична модель тепловізійної ОЕП	29
2.2 Фізико-математична модель телевізійної оптичної системи	34
2.3 Фоноцільовий стан.	35
Висновки до розділу 2.....	38

РОЗДІЛ 3. ОБРУНТУВАННЯ ШЛЯХІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИБРАНОВОГО МЕТОДУ КОМПЛЕКСУВАННЯ ЗА ВИБРАНИМ ПОКАЗНИКОМ ЯКОСТІ.....	39
3.1 Алгоритми оцінки якості зображення	39
3.2 Дослідження результатів злиття зображень для різних умов спостережень	39
3.2.1 Об'єкт за димовою завісою	40
3.2.2 Об'єкт знаходиться в слабкоосвітленому приміщенні.....	43
3.2.3 Об'єкт знаходиться в тумані	46
3.2.4 Об'єкт на фоні листви при денному світлі	49
3.3 Оцінка якості зображень в різних умовах спостереження	52
3.3.1 Оцінка якості зображень в умовах задимлення	52
3.3.2 Оцінка якості зображень, коли об'єкт знаходить в приміщенні з низькою освітленістю	52
3.3.3 Оцінка якості зображень, коли об'єкт знаходить в тумані	52
3.3.4 Оцінка якості зображень, коли об'єкт на фоні листви при високій освітленості.....	53
Висновки до розділу 3.....	53
РОЗДІЛ 4 РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ «ОПТИМІЗОВАНИЙ АГЕБРАЇЧНИЙ МЕТОД ЗЛИТТЯ ЗОБРАЖЕНЬ».....	54
4.1 Опис ідеї проекту.....	54
4.2 Технологічний аудит ідеї проекту.....	56
4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту	56
4.4 Розроблення ринкової стратегії проекту.....	64
4.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту	66
Висновки до розділу 4.....	70

Висновки	72
ЛІТЕРАТУРА.....	73

Вступ

Актуальність. Дистанційне спостереження в умовах низької освітленості, або повної відсутності освітленості є одним з найважливіших напрямків оптико-електронного приладобудування. Особливо сильно дослідження у цій сфері стимулюються військовими потребами. Сучасні досягнення в оптиці та обробці зображень сприяли до появи багатоканальних оптико-електронних приладів дистанційного спостереження. Дані системи містять декілька інформаційних каналів (як мінімум два – тепловізійний та телевізійний). Для об'єднання каналів застосовують комплексування сигналів.

Комплексування зображень показали істотну якісну і кількісну вигоду у вирішенні задач виявлення, розрізнення, розпізнавання, стеження та цілевказання. Комплексування дає змогу отримати більш інформативне результуюче зображення, ніж від зображень, що отримані окремо, кожне своїм каналом. Це значно покращує якісь роботи оператора, що працює з ним.

Їх найважливішою особливістю є можливість отримання інформації про параметри досліджуваного об'єкта на відстані шляхом вимірювання інтенсивності його випромінювання в різних діапазонах довжин хвиль. Системи моніторингу, що використовують даний метод, застосовуються для дистанційного контролю інфраструктури міського, лісового, сільського господарства, контролю стану магістральних газопроводів і нафтопроводів. Аналіз даних дистанційного зондування дозволяє зафіксувати райони пожеж і оцінити масштаби лиха, виявити антропогенні теплові забруднення природних об'єктів

На сучасному етапі розвитку оптико-електронного приладобудування найбільш актуальними є двоканальні оптико-електронні системи спостереження (ОЕСС) у складі ТВ (телевізійного) та ТПВ (тепловізійного)

каналів, в яких для об'єднання інформації обох каналів використовують різні методи комплексування.

Об'єкт дослідження. Оптико-електронна система з двома каналами спостереження.

Предмет дослідження. Підвищення ефективності виявлення об'єктів в двухканальних системах.

Мета. Покращити споживчі якості оптико-електронних систем спостереження.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

1. Оглянути найпопулярніші рішення злиття зображень;
2. Обрати один з методів та запропонувати його покращення;
3. Дослідити результати покращення запропонованих методів.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД МЕТОДІВ ПОПІКСЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСУВАННЯ ЗОБРАЖЕНЬ В ОЕС

1.1. Огляд багатоспектральних оптичних систем.

Оптико-електронні системи (ОЕС) знаходять все більш і більш широке застосування в різних областях науки і техніки. Сучасний етап розвитку дає можливість вирішенню складних задач по виділенню корисного оптичного сигналу на фоні заважаючих шумів та різних відбиваючих полів, шляхом прийому випромінювання в двох або більше оптичних спектрах, тобто створенню багатоспектральних оптико-електронних систем.

Багатомірність оптичних сигналів, можливість приймати і обробляти в реальному масштабі часу великі об'єми інформації видвигают оптико-електронні системи на перше місце серед систем автоматичного виявлення і розпізнавання сигналів на фоні природних та організованих шумів. Як відомо, використання двох і більше спектральних діапазонів при спектральній оптичній фільтрації помітно підвищують рівень ефективності роботи системи. При цьому додатковим являється те що, оптимальним діапазоном для виявлення того чи іншого об'єкту може використовуватися один, а для його дослідження – інший.

Такі системи розвиваються на протязі останніх 30-40 років. Вони знаходять використання в медицині, при дистанційному зондуванні Землі та інших планет, в моніторингу екологічного стану, воєнній справі та інших галузях науки та техніки. Очікується широке застосування багатодіапазонних оптико-електронних систем в апаратурі для контролю за виготовленням і розповсюдженням ядерної, біологічної та хімічної зброї масового знищення; діагностики ряду захворювань, наприклад цукрового діабету, астрономічних та астрофізичних дослідженням та іншим.[1,12]

До більшості сучасних та перспективних багатодіапазонних оптико-електронним висувають наступні вимоги:

- Можливість працювати в достатньо широкому інтервалі спектра оптичного діапазону, який інколи включає в себе ультрафіолетову, видиму та інфрачервону області;
- можливість мати в цьому інтервалі два, або більше вузьких робочих спектральних інтервалів. Разом з цим число таких інтервалів намагаються звести до мінімуму, для спрощення конструкторської системи та зменшення її вартості;
- високе просторову, енергетичну та часову роздільну здатність у всіх робочих спектральних діапазонах, зокрема високу якість зображення у всіх діапазонах;
- сумісність роботи окремих каналів багатоканальної оптико-електронної системи та, в той же час, відсутність шкідливих зв'язків між ними;
- вивід зображення, що отримане від різних спектральних каналів, на єдину систему відображення результуючих зображень (для зручності обробки оператором).

Недоліками всіх багатоспектральних оптико-електронних систем з великою кількістю спектральних каналів є [10] :

- Складність , а іноді і неможливість працювати в реальному масштабі часу, так як необхідно реєструвати і обробляти дуже великі масиви даних;
- складність одночасно отримувати високу спектральну і просторову роздільну здатність і забезпечувати високу чутливість;
- велика кількість обчислень, які потрібно проводити для обробки зареєстрованих даних;
- складність конструкторської, в якій для розміщення інформації, що реєструється;

- складність зведення отриманих зображень від різних каналів;
- складність знаходження потрібного алгоритму обробки зображень, отриманих в різних діапазонів, в одне результуюче зображення;
- велика вартість виготовлення системи.

Загальний вигляд структурної схеми багатоканальної оптико-електронної системи приведена на Рис. 1.1.

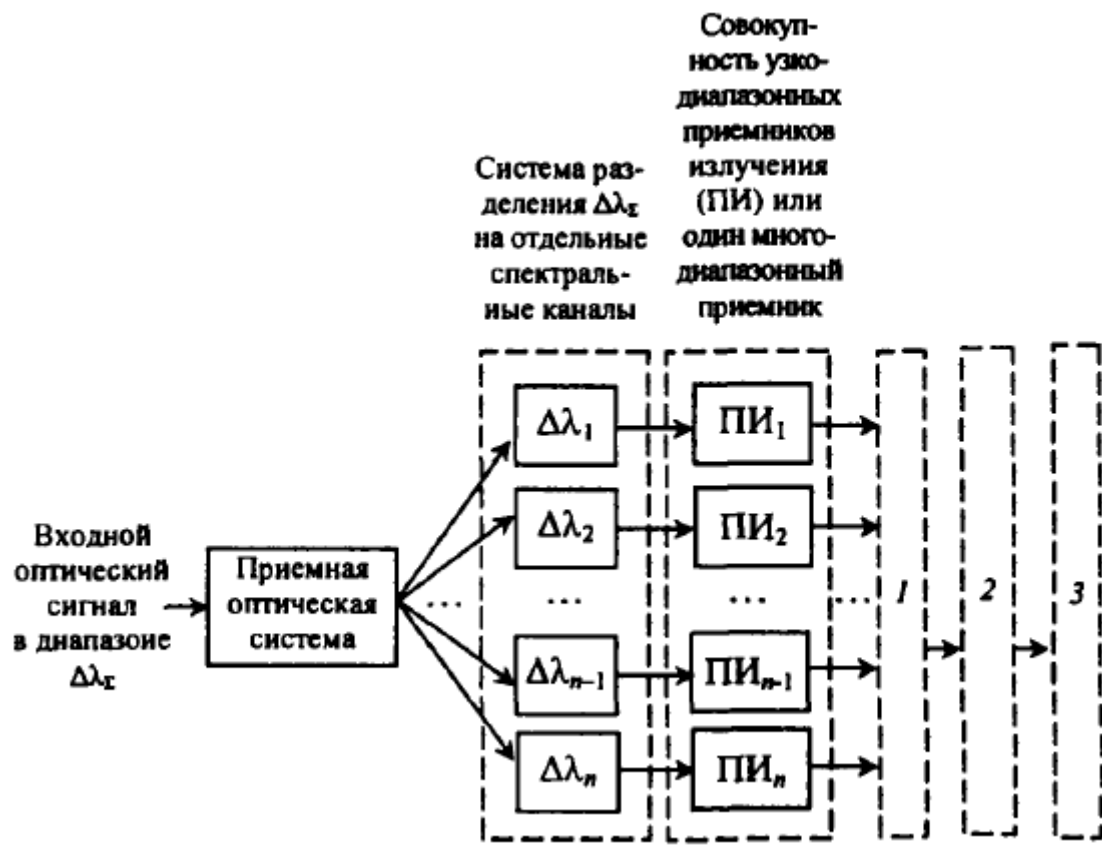


Рис. 1.1 Структурна схема багатоканальної оптико-електронної системи: 1 – послідовний блок паралельної або послідовної обробки сигналів; 2 – система об'єднання зображень(комплексування); 3 – зона відображення інформації (дисплей, тощо)

Призначення приймальної частини оптичної системи в багатоканальній оптико-електронній системі нічим не відрізняється в призначенні такої системи в звичайній ОЕС і задача в першу чергу полягає в реєстрації необхідного для роботи системи потоку випромінювання і отримання

зображення простору об'єктів. Система розділення всього спектрального діапазону багатоканальної оптико-електронної системи роботи на n окремих каналів ($\Delta\lambda_1, \Delta\lambda_2, \dots, \Delta\lambda_{n-1}, \Delta\lambda_n$), може знаходитися в складі прийомної оптичної системи, представляючою собою, наприклад, сукупність спектральних фільтрів, після якої випромінювання в окремих каналах проходить через додаткові компоненти, наприклад конденсори та колективи.

В електронному блоці системи проходить послідовна, або паралельна обробка сигналів, отримуваних в окремих спектральних каналах системи. Ця обробка зазвичай заключається в накопленні зарядів, що знімаються з окремих елементів, їх комплексуція, підсилення в цифрову форму, фільтрація, приведення до одного масштабу зображень та інших операцій, що детально описані в різних джерелах літератури [2,3,4].

Признаки класифікації багатоканальних оптико-електронних систем можуть бути різні. До них, наприклад, можуть відноситися:

- діапазони спектру, в якому знаходять вузькі робочі спектральні інтервали;
- число робочих спектральних діапазонів;
- принцип дії системи;
- призначення багатоканальних оптико-електронних систем.

1.2 Методи комплексування зображень

Основним завданням комплексування є перенесення інформаційних складових разносектральних зображень, при цьому часто потрібно забезпечити високу швидкість обробки в режимі реального часу [5]. Виходячи з цих вимог, для дослідження нами були запропоновані наступні методи комплексування зображень [8,13].

1.2.1 Метод максимуму

Метод максимуму заключається в заміщенні значення зображення $F_1(x, y)$ значеннями зображення $F_2(x, y)$ в тому випадку, якщо значення другого зображення більше. На виході формується нове зображення, в якому будуть присутні інформаційні ознаки зображення $F_1(x, y)$ та яскраво вираженні ознаки $F_2(x, y)$. Метод максимуму реалізується відношенням (1.1)

$$Z(x, y) = \max\{F_1(x, y), F_2(x, y)\}, \quad (1.1)$$

де $Z(x, y)$ – комплексоване зображення,

$F_1(x, y)$ – перше отримане зображення;

$F_2(x, y)$ – друге отримане зображення.

Метод максимуму є одним з найпростіших методів комплексування, реалізується на основі логічного порівняння, являється неадаптивним і результат повністю залежить від рівня яскравості зареєстрованого зображення. Приклад комплексування даним методом представлена на Рис. 1.2.

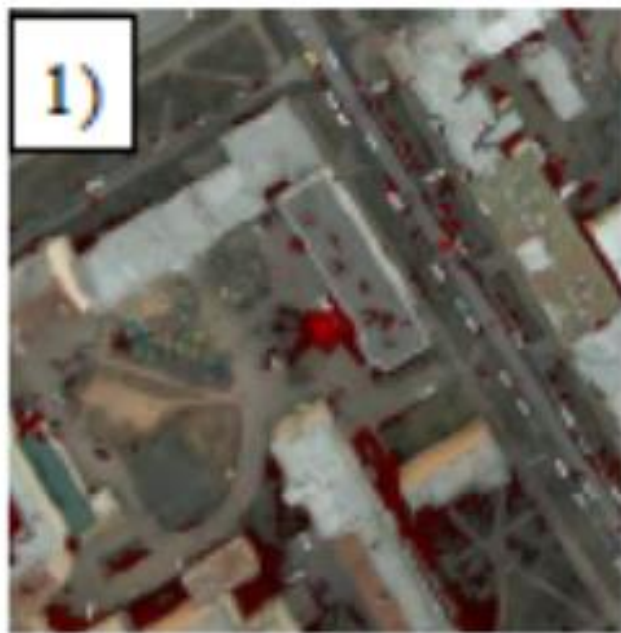


Рис. 1.2 Метод максисума

1.2.2 Метод маски

Комплексування методом маски, також як і методи максимуму реалізується на основі простої логічної операції порівняння, але при цьому передбачається, що одне із вхідних зображень являється маскою для іншого. Припустимо, що в процесі комплексування зображення $F_2(x, y)$ буде наложено на зображення $F_1(x, y)$. Тоді над зображенням $F_2(x, y)$ виконується операція порогової фільтрації, в результаті якої отримується маска накладення для іншого.

Після наложення результуюче комплексоване зображення буде представляти собою об'єднана множина $F_1(x, y)$ та $F_2(x, y)$. При цьому значення в кожній точці простору буде визначатися або відповідним значенням із зображення $F_1(x, y)$, або в випадку, якщо значення відповідної точки маски дорівнює нулю, то результуючим зображенням приймається значення пікселя зображення $F_2(x, y)$. Комплексування методом маски здійснюється наступним виразом:

$$Z(x, y) = \begin{cases} F_1(x, y), & F_2(x, y) < T \\ F_2(x, y), & F_2(x, y) > T \end{cases}, \quad (1.2)$$

де T – рівень порогового фільтра.

При використанні комплексування методом маски основну складність представляє вибором рівня порогового фільтру. Неправильний вибір рівня може привести до втрати інформації в результуючому зображенні. Для знаходження рівня порогу пропонується використовувати дисперсію по методу Оцу [6]. Приклад комплексування даним методом представлено на Рис. 1.3.



Рис. 1.3 Метод маски

1.2.3 Метод усереднення

Метод усереднення заснований на знаходженні середнього арифметичного від вихідних зображень $F_1(x, y)$ та $F_2(x, y)$. Цей метод потребує мінімальних обчислювальних затрат, але не використовує ті інформаційні переваги, які дає наявність декількох зображень, що відрізняються.

Комплексування методом усереднення здійснюється наступним виразом (1.3)

$$Z = \frac{F_1(x,y) + F_2(x,y)}{2} \quad (1.3)$$

В результаті отримується зображення зі згладженими деталями об'єктів, контраст комплексованого зображення суттєво зменшується відносно вихідних зображень, але в той самий час зменшується шумова складова. Приклад комплексування даним методом на Рис. 1.4.

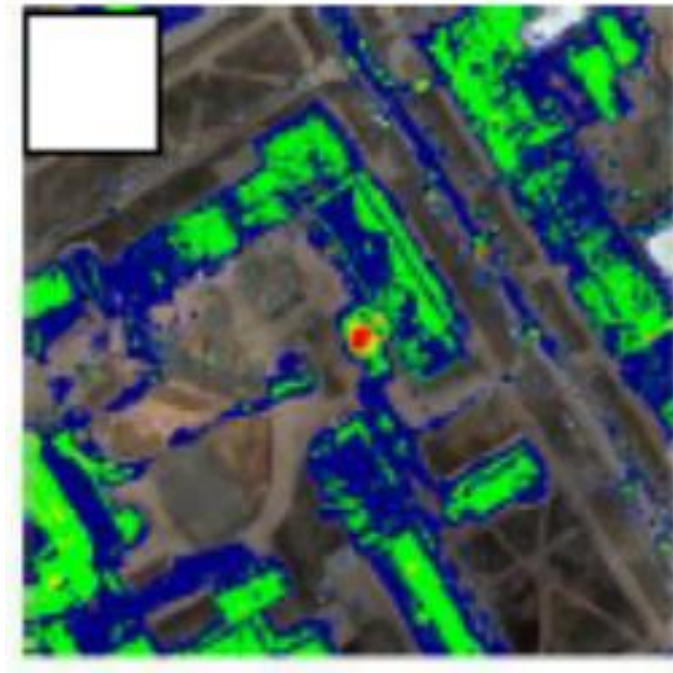


Рис. 1.4 Метод усреднения

1.2.4 Метод степеневого перетворення

Метод степеневого перетворення заключається у зведенні вихідного зображення $F_1(x, y)$ в показник ступеня, рівний нормованому значенню зображення $F_2(x, y)$. Даний метод являється модифікацією методу, що запропонував Ж.Лю і Р. Лаганьєр, де в якості показника ступеня використовувався відношення двох вихідних зображень з попередньою просторовою фільтрацією [7]. Реалізація методу з застосуванням негативного зображення в показнику ступеня дозволило виконувати комплексування в режимі реального часу. Комплексування по методу степеневого перетворення здійснюється за допомогою формули (1.4).

$$Z(x, y) = F_1(x, y)^{1-F_2(x, y)/2^n}, \quad (1.4)$$

де n – розрядність вихідного зображення $F_2(x, y)$.

Таким чином, в показнику ступеня буде значення в діапазоні $[0,1]$. В результаті на комплексованому зображенні мінімальним значенням яскравості зображення $F_2(x, y)$ залижаться такими самими, а для максимальні суттєво

зміняться. Таким чином, вузьким діапазон зображення $F_I(x, y)$ перетвориться в широкий діапазон значень, що дає покращення контраста на результуючому зображенні $Z(x, y)$. Приклад комплексування даним методом представлено на Рис. 1.5.

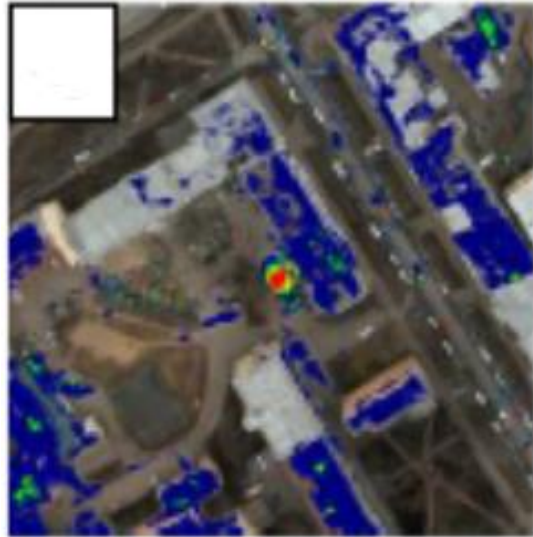


Рис. 1.5 Метод степеневого перетворення

1.2.5 Метод черезрядкового комплексування

Метод черезрядкового комплексування реалізується алгоритмом на основі порядкового чередування одного зображення відносно іншого. При цьому результат комплексування для пари зображень розміром $M \times N$ в загальному випадку буде мати вигляд $M \times 2N$ (1.6).

$$Z(x, q) = \begin{cases} Z(x, 2y) = F_1(x, y) \\ Z(x, 2y + 1) = F_2(x, y) \end{cases}, \quad (1.5)$$

де $q = 1 \dots 2N$ – просторове розширення комплексованого зображення по вертикалі.

Даний метод може бути реалізований зі збереженням просторової здатності вихідних зображень шляхом складення комплексованого зображення чередуванням парних та непарних рядків відповідно зображень $F_1(x, y)$ та $F_2(x, y)$. Тоді вираз (1.5) приймає вигляд (1.6).

$$(x, q) = \begin{cases} F_1(x, y), y \in 1, 3, 5 \dots N \\ F_2(x, y), y \in 2, 4, 6 \dots N - 1 \end{cases} \quad (1.6)$$

Одним із недоліків методу черезрядкового комплексування ж вираження періодична структура на результуючому зображенні, обумовлена принципом роботи цього методу. В просторовій області дефект проявляється в періодичній складовій по вертикальній осі зображення з відомим періодом чергування (1 піксель), а в частотній – в виді ярко вираженої складовій на самих високих частотах спектру, яка може бути вирішена вузькополосовим високочастотним фільтром. Приклад комплексування даним методом представлено на Рис. 1.6.

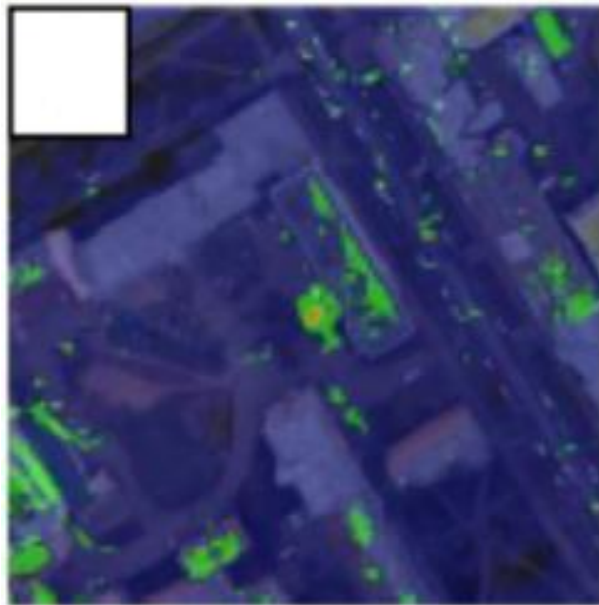


Рис. 1.6 Метод черезрядкового комплексування

1.2.6 Метод вагової функції

Метод вагової функції реалізується як лінійна комбінація значень вхідних зображень $F_1(x, y)$ та $F_2(x, y)$ з коефіцієнтом α . Коефіцієнт α характеризує величину значимості кожного із каналів і може приймати значення в діапазоні $[0, 1]$. Комплексування цим методом здійснюється згідно рівняння (1.7).

$$Z(x, y) = \alpha F_1(x, y) + (1 - \alpha) F_2(x, y) \quad (1.7)$$

Коефіцієнт α може бути аданий на основі апіорній оцінці ефективності кожного каналу, але в такому випадку метод буде неадаптивним до умов, що змінюються [11]. Через це передбачується розраховувати коефіцієнт α на основі середнього значення вхідних зображень (1.8). Такий алгоритм знаходження вагового коефіцієнта приводить до того, що більш вагомим стає те зображення, середній рівень яскравості якого вище.

$$\alpha = \frac{\sum_0^{M-1} \sum_0^{N-1} F_2(x,y)}{\frac{1}{M \cdot N} [\sum_0^{M-1} \sum_0^{N-1} F_1(x,y) + \sum_0^{M-1} \sum_0^{N-1} F_2(x,y)]} \quad (1.8)$$

Приклад комплексування даним методом представлено на Рис. 1.7.

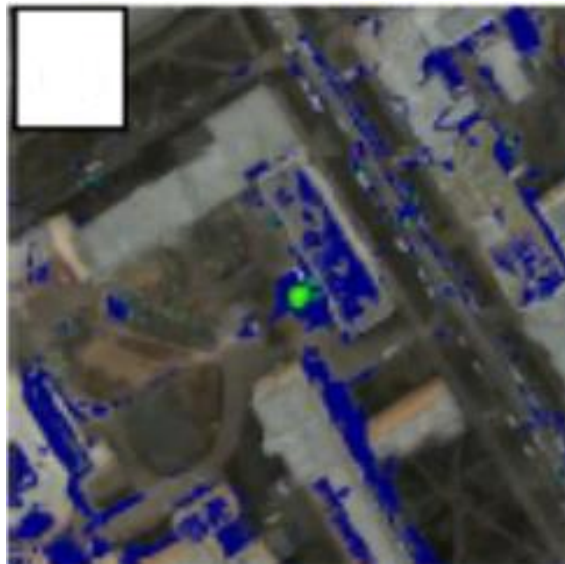


Рис. 1.7 Метод вагової функції

1.2.7 Виділення країв за допомогою методу CANNY

Краї характеризують межі зображення і тому є основною проблемою обробки зображень. Краї на зображенні є областю з сильним контрастом інтенсивності - різкий стрибок інтенсивності при переході до сусіднього пікселя. Виявлення країв в зображенні значно скорочує обсяг даних і відфільтровує непотрібну інформацію, зберігаючи важливі структурні властивості зображення [15].

Алгоритм Canny відомий багатьом як оптимальний детектор краю. Алгоритм Canny удосконалив багато існуючих методів. Він є успішний в досягненні своїх цілей, його ідеї та методи можна знайти в статті "Обчислювальний підхід до виявлення кордонів". У своїй роботі він слідує певним критеріям для удосконалення методів. Першим і найбільш очевидним є низький рівень помилок. Дуже важливо, щоб присутні на зображенні кордони не були пропущені і не було помилкових виявлень. Другим критерієм є хороша локалізація крайових точок. Іншими словами відстань між виявленими крайовими точками і фактичними точками кордону має бути мінімальною. Третій критерій - одне виявлення на один край. Він був введений так як перші два не могли повністю виключити можливість неодноразового виявлення одних і тих же країв [15].

Базується на тих же умовах, алгоритм виділення країв Canny спочатку згладжує зображення, щоб усунути шум. Далі він знаходить градієнт зображення щоб підсвітити області з високими просторовими похідними. Далі алгоритм проходить по цих областях і пригнічує всі пікселі, які не в максимумі (немаксимальное придушення). Метод найшвидшого масив далі зменшується гістерезисом. Гістерезис використовується, щоб відстежити чи залишилися пікселі, що не були придушені. Гістерезис використовує два порога і якщо величина нижче першого порога, то вона встановлюється в нуль (робиться не крайовою). Якщо величина вище високого порогу, вона робиться крайовою. І якщо величина між цими двома порогамі, то вона встановлюється в нуль, в тому випадку якщо немає шляху від цього пікселя до пікселя з градієнтом вище T2. Нижче наведені кроки алгоритму [15].

Крок 1

Першим кроком є фільтрація шуму в оригінальному документі. Оскільки фільтр Гаусса можна обчислити за допомогою простої маски, він використовується виключно в алгоритмі Canny. Після того як підходяща маска була розрахована, згладжування Гаусса може бути виконано за допомогою

стандартних методів згортки. Маски згортки, як правило, набагато менше, ніж саме зображення. В результаті, маска рухається над зображенням, маніпулюючи квадратом пікселів за один раз. Чим більше ширина маски Гауса, тим менше чутливість детектора до шуму. Локалізація помилки у виявленні країв так само трохи збільшується зі збільшенням ширини Гауссіани (Рис.1.8). [15]

	2	4	5	4	2
	4	9	12	9	4
$\frac{1}{115}$	5	12	15	12	5
$\sigma=1.4$	4	9	12	9	4
	2	4	5	4	2

Рис.1.8 Маска Гауссіани

Крок 2

Знаходження краю сили шляхом взяття градієнта зображення. Оператор Собеля виконує 2-D просторовий вимір градієнта в зображенні. Тоді наближені градієнти абсолютних величин (краю сил) в кожній точці може бути знайдено. Оператор Собеля (Рис.1.9) використовує пару 3x3 масок згортки: оцінки градієнта в напрямку x (стовпці) і оцінки градієнта в Y-напрямку (рядків). [15]

-1	0	+1
-2	0	+2
-1	0	+1

G_x

+1	+2	+1
0	0	0
-1	-2	-1

G_y

Рис.1.9 Оператор Собеля

Величина, або край сили, градієнта потім апроксимується за формулою:

$$|G| = |G_x| + |G_y| \quad (1.9)$$

Крок 3

Знаходження напрямку краю тривіальне, оскільки градієнт в напрямках X та Y відомий. Однак якщо сума X дорівнюватиме нулю, буде згенеровано помилка. Так що при реалізації алгоритму, має бути обмеження набору, коли це відбувається. Всякий раз, коли градієнт в напрямку x дорівнює нулю, напрямок краю має дорівнювати 90 градусам або 0 градусів, в залежності від того, чому дорівнює значення градієнта в напрямку осі Y. Якщо G_y має нульове значення, напрям краю буде дорівнює 0 градусів. В іншому випадку напрямок краю дорівнюватиме 90 градусів. Формула для знаходження напрямку краю [15]:

$$\theta = \arctan(G_y / G_x) \quad (1.10)$$

Крок 4

Зв'язування краю з напрямом, який може бути простежено в зображенні. Таким чином, якщо пікселі зображення 5x5 розташовані як зазначено нижче:[15]

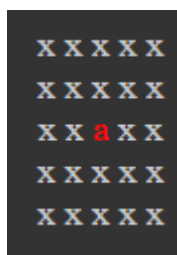


Рис.1.10 Розташування пікселів зображення

Видно, що для пікселя "a" існують тільки чотири можливих напрямки опису навколишніх пікселів - 0 градусів (в горизонтальному напрямку), 45 градусів (уздовж позитивної діагоналі), 90 градусів (у вертикальному напрямку), або 135 градусів (по негативній діагоналі). Тепер орієнтація краю повинна бути обрана в одному з цих чотирьох напрямків, в залежності від того, який напрямок знаходиться ближче (наприклад, якщо кут орієнтації виявляється +3 градуси, зробити його 0 градусів). Для цього представляють півколо, розділений на 5 регіонів (Рис.1.11). [15]

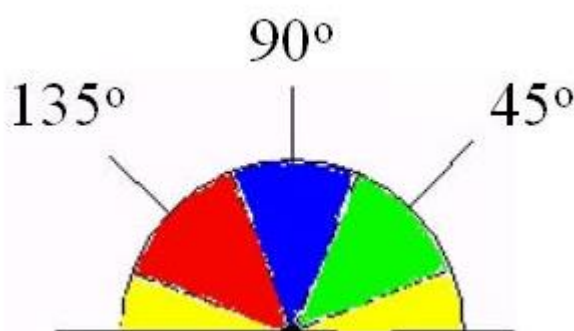


Рис.1.11 Півколо, умовно розділене на 5 регіонів

Тому будь-який напрямок краю, що входить в жовтий діапазон (від 0 до 22,5 & 157,5 до 180 градусів) встановлюється в 0 градусів. Будь-який напрямок краю, що потрапляє в зелений діапазон (22,5 до 67,5 градуса) встановлюється на 45 градусів. Будь-який напрямок краю в синьому діапазоні (67,5 до 112,5 градусів) встановлюється в 90 градусів. І, нарешті, будь-який напрямок краю в червоному діапазоні (112,5 до 157,5 градусів) встановлюється в 135 градусів [15].

Крок 5

Після того як відомі напрямки країв, застосовуємо немаксимальне придушення. Воно використовується для відстеження уздовж краю в напрямку краю і придушенні будь-яких значень пікселя (встановлюючи їх рівним 0), які не зважають на краєм. Це дасть тонку лінію в результуючому зображенні [15].

Крок 6

Гістерезис використовується як засіб усунення смуг. Смуга - це розбиття контуру краю, викликане оператором вихідного коливання вище і нижче порогового рівня. Якщо єдиний поріг, $T1$ застосовується до зображення і край має середню силу, рівну $T1$, то через шум, будуть випадки, коли край опускається нижче порогового рівня. В рівній мірі він буде також поширюватися вище порога прийняття краю, схожого на пунктирну лінію. Щоб уникнути цього, гістерезис використовує 2 порога, високий і низький. Будь-який піксель в зображенні, що має значення більше, ніж $T1$ імовірно є крайовим пікселем, і негайно позначається як такий. Потім, будь-які пікселі, які з'єднуються з цим крайовим пікселем, і які мають значення, більше, ніж $T2$, також вибираються як крайові пікселі. Для початку руху вздовж краю необхідний градієнт $T2$, а для закінчення - градієнт нижче $T1$ [15].

1.3 Синхронізація зображень з різними просторовими спотвореннями отриманих з різних каналів багатоканальної оптико-електронної системи.

Перед комплексациєю зображень потрібно здійснити просторову синхронізацію зображень – їх поточечну взаємну прив'язку. Для прикладу взято приклади зображень, аби вони були отримані при обзорі земної поверхні з деякого підвищення або з літального апарату [14].

Передбачається, що два зображення відповідають одній і тій же ділянці місцевості, але відрізняються один від одного масштабом або/і прив'язкою до місцевості. Одне з таких зображень зручно вважати еталонним. При відсутності

просторової синхронізації друге можна вважати як зображення із певним спотворенням.

У випадках, що мають практичну цікавість, відмінності спотвореного зображення від еталанного можуть описані як:

- просторовий здви́г (Рис. 1.12);
- зміна масштабу (Рис. 1.13);
- зміна геометрії (Рис. 1.14).

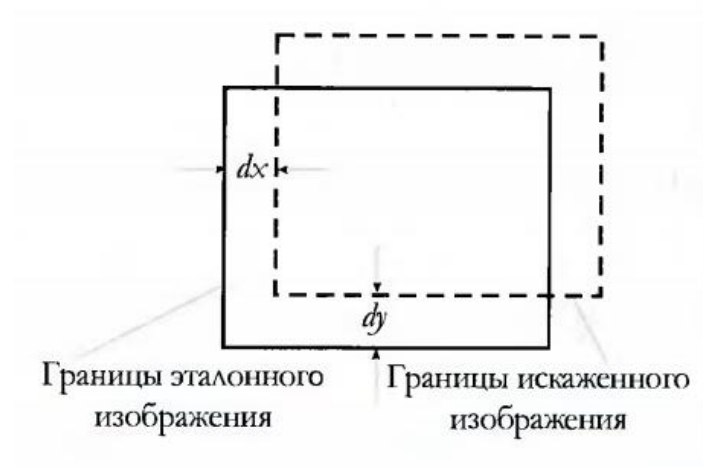


Рис. 1.12 Просторовий здви́г

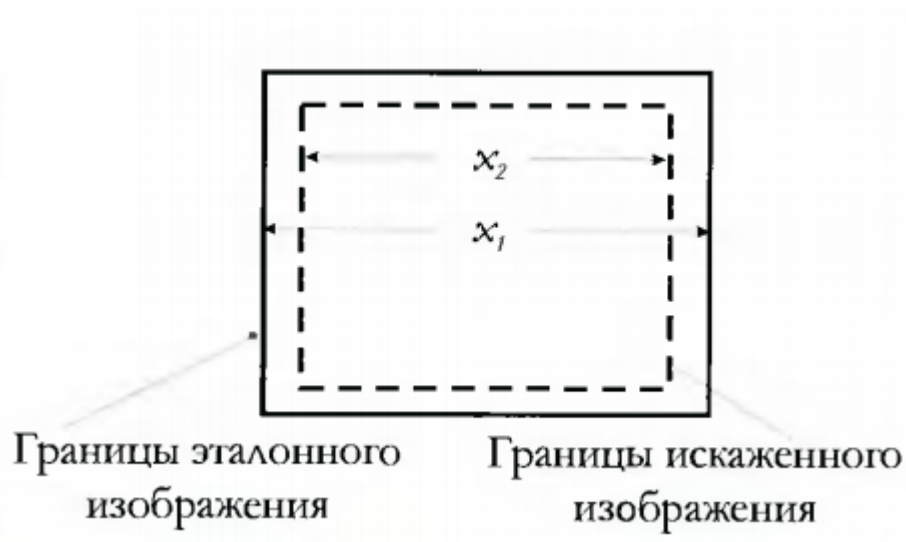


Рис. 1.13 Зміна масштабу

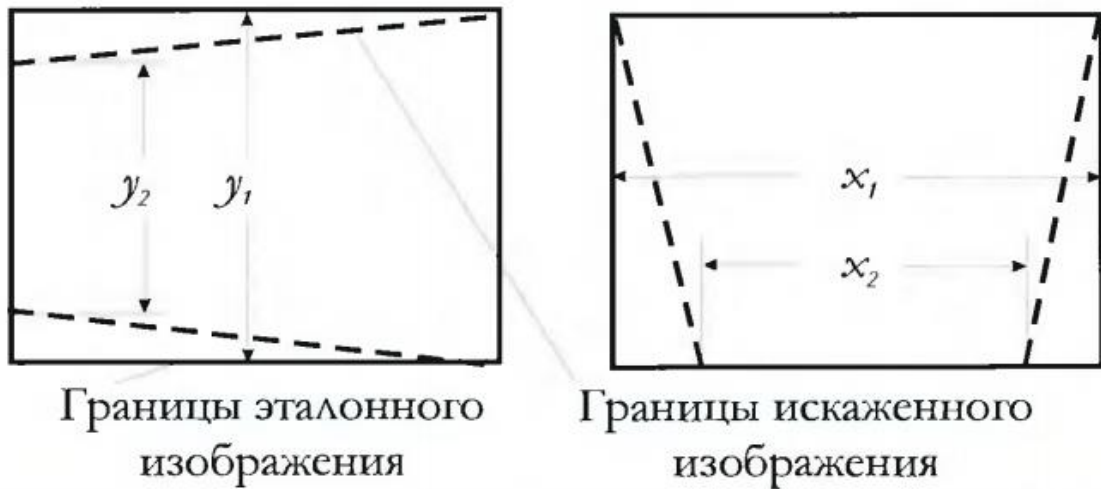


Рис. 1.14 Зміна геометрії

Спотворення типу "просторовий зсув" зручно охарактеризувати значеннями зсувів вздовж відповідних осей dx , dy . Спотворення типу "зміна масштабу" – в вигляді $dm = x_1 / x_2$, а спотворення типу "зміна геометрії" – за допомогою величин $dm_x = x_1 / x_2$, $dm_y = y_1 / y_2$. Для випадку, коли аналізується комплект має більше двох зображень, всі вказані величини можна задавати відносно одного "еталонного" зображення.

Передбачується, що зображення, що мають синхронізуватися, характеризується наявністю просторових зсувів і аліми значеннями змін масштабу геометрії, що відповідає значенням: $|dx| > 0$, $|dy| > 0$, $dm_x \approx 1$, $dm_y \approx 1$. Таким чином, при синхронізації нада оцінювати значення величин dx , dy в припущенні, що відмінності dm_x , dm_y , dm від 1 не сильно впливають на результат.

Якщо відомі дійсні значення просторових зсувів dx , dy то якість зміщення можна оцінити:

- в абсолютних значеннях (в пікселях) (1.9)
- у відносних величинах (у процентах) (1.10)

$$\Delta r = \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2}, \quad (1.9)$$

де $\Delta x = dx_r - dx$, $\Delta y = dy_r - dy$.

$$\begin{cases} \Delta X = \frac{dx_r - dx}{dx_r} \cdot 100\% \\ \Delta Y = \frac{dy_r - dy}{dy_r} \cdot 100\% \\ \Delta R = \sqrt{\frac{(\Delta y)^2 + (\Delta x)^2}{(\Delta x_r)^2 + (\Delta y_r)^2}} \cdot 100\% \end{cases} \quad (1.10)$$

Якщо істинні значення здвигов невідомі залишається лише візуальна оцінка.

Висновки до розділу 1

Був проведений огляд найпопулярніших методів злиття зображення, їх переваги та недоліки. Для наших цілей було прийнято вибрати метод усереднення (1.3) для подальших цілей, адже він простий і зрозумілий для використання в лабораторних роботах і можливо усунути його неділоки подальшою оптимізацією.

Для подальшої оптимізації пропоную замінити коефіцієнт усереднення $\frac{1}{2}$ на α для потоку з тепловізійної камери, та $1-\alpha$ для телевізійної. Отримаємо наступну формулу:

$$I_{\text{комп}} = \alpha I_{\text{ТТВ}} + (1 - \alpha) I_{\text{ТВ}}, \quad (1.11)$$

де $\alpha = 0.1, 0.2 \dots 0.9$

РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ АРИФМЕТИЧНИХ МЕТОДІВ КОМПЛЕКСУВАННЯ В РІЗНИХ УМОВАХ СПОСТЕРЕЖЕННЯ

Вступ

Мета: розробити фізико-математичну модель, що потрібна для реєстрації зображень, які будуть об'єднуватись; дослідити вплив ФЦО (фоноцільової обстановки).

2.1 Фізико-математична модель тепловізійної ОЕП

Всі тіла певної температури являються джерелом власного теплового випромінювання. Для дослідження об'єкта, що випромінює у інфрачервоному спектрі випромінювання потрібні такі закони як закон Планка, закон Віна та закон Стефана-Больцмана, що характеризують теплове випромінювання АЧТ(Абсолютно чорне тіло).

Абсолютно чорне тіло — це фізична абстракція, що вживається в термодинаміці: тіло, що повністю поглинає випромінювання, що падає на нього.

Закон Планка

У 1900 р. Планк запропонував новий метод розрахунку функції розподілу енергії в спектрі випромінювання абсолютно чорного тіла, яка ґрунтується на квантових уявленнях. В основу методу було покладено гіпотезу про те, що тіла випромінюють енергію не неперервно, а окремими порціями, які дістали назву квантів. Енергія в кванта пропорційна частоті випромінювання(2.1) (обернено пропорційна довжині хвилі):

$$\varepsilon = h\nu = \frac{hc}{\lambda}, \quad (2.1)$$

де $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ Дж · с — стала Планка.

Керуючись уявленнями про квантовий характер теплового випромінювання, М. Планк дістав такий вираз для світності абсолютно чорного тіла $r(\lambda, T)$ (2.2):

$$r(\lambda, T) = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5} \frac{1}{e^{\frac{hc}{k\lambda T}} - 1}, \quad (2.2)$$

де c — швидкість світла у вакуумі; k — стала Больцмана; T — абсолютна температура.

Згідно з формулою Планка (2.2) для кожної довжини хвилі λ з підвищенням температури зменшується величина $e^{\frac{hc}{k\lambda T}}$, що стоїть у знаменнику, $r(\lambda, T)$ зростає. Отже, з підвищенням температури збільшується випромінювальна здатність на всіх ділянках спектра, причому це зростання різне для різних інтервалів довжин хвиль. Саме така залежність $r(\lambda, T)$ від температури спостерігається. (Рис 2.1)

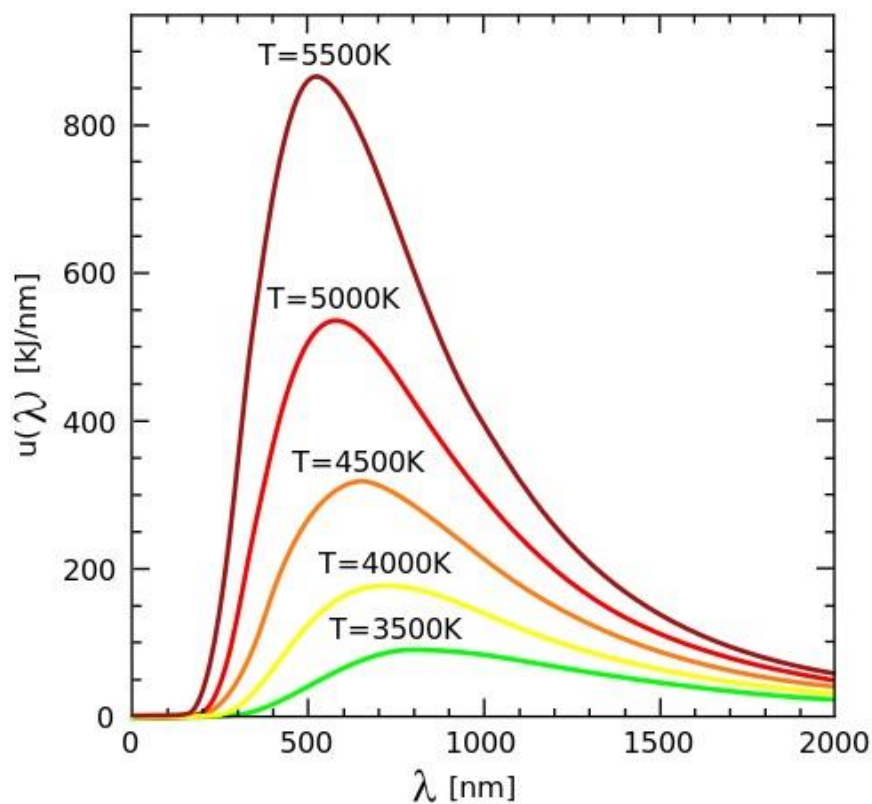


Рис 2.1 Спектральні криві Планка за різних температур

Закони Віна та Релея-Джинса

Грунтуючись на уявленні про безперервний характер випромінювання електромагнітних хвиль в законі рівномірного розподілу енергій за ступенями свободи, були отримані дві формули для випромінювальної здатності АЧТ :

- Формула Віна

$$r(\lambda, T) = a\lambda^{-5}e^{-\frac{b}{\lambda T}} \quad (2.3)$$

- Релея-Джинса

$$r(\lambda, T) = \frac{2\pi\nu^2 kT}{c^2} \quad (2.4)$$

Дослідна перевірка показала, що для даної температури формула Віна (2.3) вірна для коротких хвиль і дає різкі розбіжності в області довгих хвиль. Формула Релея-Джинса (2.4) виявилася вірна для довгих хвиль і не може бути застосована для коротких (Рис. 2.2) [31, 32].

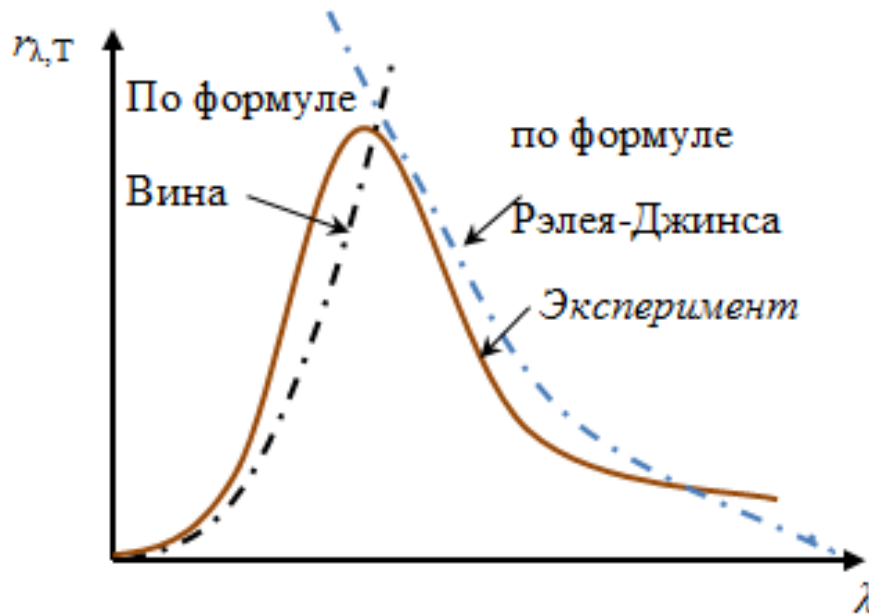


Рис.2.2. Відхилення форму Віна та Релея-Джинса

Закон Стефана - Больцмана

Закон Стефана - Больцмана - інтегральний закон випромінювання абсолютно чорного тіла. Визначає загальну(інтегральну) залежність щільності потужності випромінювання абсолютно чорного тіла від його температури [33].

Закон Стефана-Больцмана (2.5) говорить: потужність випромінювання абсолютно чорного тіла (інтегральна потужність по всьому спектру), яка припадає на одиницю площі поверхні, прямо пропорційна четвертого ступеня температури тіла:

$$M_{\text{сум.}} = \sigma T^4, \quad (2.5)$$

де σ – стала Стефана-Больцмана

Для знаходження формули Стефана – Больцмана була взята формула Планка (2.6) і проінтегрована по довжині хвилі в межах від 0 до ∞ .

$$m(\lambda, T) = \frac{C_1}{\lambda^5 \left(e^{\frac{C_2}{\lambda T}} - 1 \right)}, \quad (2.6)$$

$$M_{\text{сум.}} = \int_0^\infty \frac{C_1}{\lambda^5 \left(e^{\frac{C_2}{\lambda T}} - 1 \right)} d\lambda = \sigma T^4. \quad (2.7)$$

Вирахуємо сигнал, який буде на виході телевізійної системи (Рис.2.3).

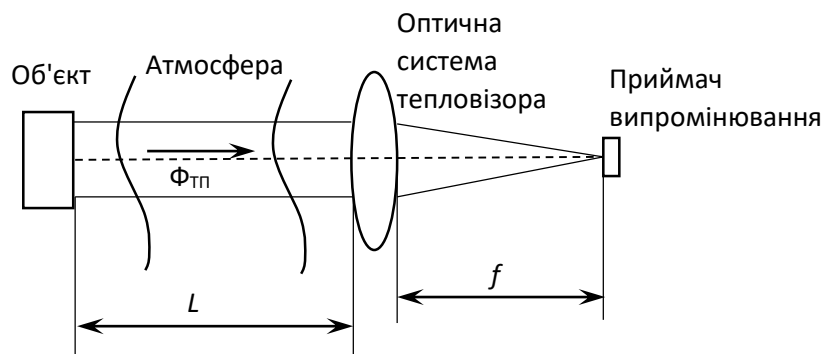


Рис.2.3 Схема тепловізійної ОЕП

Прийmemo об'єкт за ламбертівський випромінювач. Також, будемо вважати, що він являє собою АЧТ. Для АЧТ потік дорівнює:

$$\Phi_{\text{ТПВ}} = M * A, \quad (2.8)$$

де M – світність об'єкта, A – його площа.

Для розрахунку світності використаємо інтеграл від формули Планка (2.6), якщо ми працюємо в одній довжині хвилі, то можна використати формулу Стефана-Больцмана (2.7).

Враховуючи коефіцієнти пропускання атмосфери та оптичної системи, формула (2.8) набуде наступного вигляду:

$$\Phi_{\text{ТПВ}} = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \frac{C_1}{\lambda^5 \left(e^{\frac{C_2}{\lambda T}} - 1 \right)} d\lambda * \tau_{\text{атм}} * \tau_{\text{ос}} * A \quad (2.9)$$

Отже, сигнал на виході тепловізійної ОЕС буде дорівнювати:

$$U_{\text{ТПВ}} = \Phi_{\text{ТПВ}} * S = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \frac{C_1}{\lambda^5 \left(e^{\frac{C_2}{\lambda T}} - 1 \right)} d\lambda * \tau_{\text{атм}} * \tau_{\text{ос}} * A * S, \quad (2.10)$$

де S – чутливість приймача.

2.2 Фізико-математична модель телевізійної оптичної системи

Аналогічно, розрахуємо який сигнал буде на виході з телевізійної ОЕП (рис.2.4).

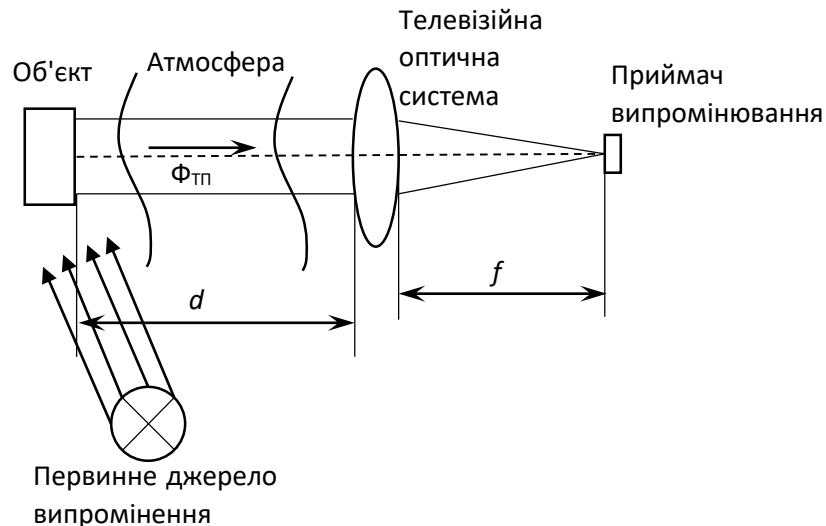


Рис.2.4 Схема телевізійної ОЕП

Оскільки об'єкт займає частину кутового поля зору системи, то для розрахунку потоку, який потрапляє на приймач, можна скористатися наступною формулою:

$$\Phi_{ТВ} = \tau * \iint_{\sigma\varphi} Le * \sin(\sigma) * \cos(\sigma) * A d\sigma d\varphi, \quad (2.11)$$

де L_e – яскравість об'єкта.

Оскільки ми вважаємо, що наш об'єкт є ламбертовим випромінювачем, та враховуючи коефіцієнти пропускання, (2.11) набуде наступного вигляду :

$$\Phi_{ТВ} = \tau_{атм} * \tau_{ос} * \pi * Le * (\sin(\sigma))^2. \quad (2.12)$$

Якщо вважати, що $d \ll D$, то

$$\Phi_{ТВ} = \tau_{атм} * \tau_{ос} * Le * \frac{A * A_2}{d^2}, \quad (2.13)$$

де A_2 – площа вхідної зіниці.

Також, оскільки об'єкт не випромінює в видимому діапазоні, а є вторинним джерелом випромінювання, то яскравість його буде дорівнювати:

$$Le = \frac{\rho * M}{\pi}, \quad (2.14)$$

де M – світність ламбертовського випромінювача, ρ – коефіцієнт відбиття об'єкта.

Підставимо (2.13) в (2.14):

$$\Phi_{ТВ} = \tau_{атм} * \tau_{ос} * \frac{\rho * M}{\pi} * \frac{A * A_2}{d^2}. \quad (2.15)$$

Отже, вихідний сигнал з телевізійної системи буде дорівнювати:

$$U_{ТВ} = \Phi_{ТВ} * S = \tau_{атм} * \tau_{ос} * \frac{\rho * M}{\pi} * \frac{A * A_2}{d^2} * S, \quad (2.16)$$

де S – чутливість приймача

2.3 Фоноцільовий стан.

Фоноцільовий стан залежить від погодних умов, тому однією з важливіших показників є коефіцієнт пропускання атмосфери [33].

Розрахуємо коефіцієнт пропускання атмосфери:

$$\tau_{атм.} = \tau_{H_2O} * \tau_{\lambda H_2O} * \tau_{\lambda CO_2} * \tau_{роз.}, \quad (2.17)$$

де τ_{H_2O} – середній коефіцієнт пропускання в межах заданого вікна прозорості, який обумовлений поглинанням води;

$\tau_{\lambda H_2O}$ – спектральний коефіцієнт пропускання атмосфери, обумовлений поглинанням парю води;

$\tau_{\lambda CO_2}$ – спектральний коефіцієнт пропускання атмосфери, обумовлений поглинанням CO_2

$\tau_{роз}$ – коефіцієнт, який залежить від каламутного (аерозольного) стану атмосфери.

Відомо 2 методи розрахунку середнього τ_{H_2O} :

- Метод Елдера-Стронга;
- Метод Лангера, який є вдосконаленням першого метода.

Розрахуємо τ_{H_2O} за допомогою методу Елдера-Стронга:

$$\tau_{H_2O} = t_0 - k_1 * lgw, \quad (2.18)$$

де t_0 та k_1 – постійні коефіцієнти для розглядаємого вікна прозорості, беруться з рис.2.6;

$w = w_0 * l$ – товщина слою осажденої води; w_0 – кількість осажденої води на трасі 1 км., l – довжина траси в км.

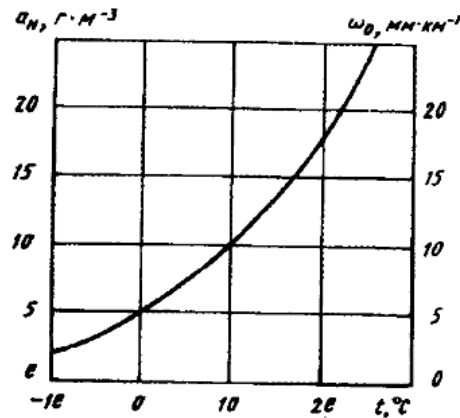


Рис.2.5 Графік для знаходження w_0 , яка дорівнює абсолютній вологості a_n помножене на відносну вологість [10]

$\Delta\lambda$, мкм	k_1	t_0
0,70...0,92	15,1	106,3
0,92...1,10	16,5	106,3
1,10...1,40	17,1	96,3
1,40...1,90	13,1	81,0
1,90...2,70	13,1	72,5
2,70...4,30	12,5	72,3
4,30...5,90	21,2	51,2

Рис.2.6 Коефіцієнти t_0 та k_1 [10]

Знаючи дальність дії системи, довжину хвилі, температуру та відносну вологість, можемо знайти t_0 , k_1 , w :

Спектральний коефіцієнт пропускання атмосфери, обумовлений поглинанням парою води знайдемо скориставшись таб.4.3 [1].

Спектральний коефіцієнт пропускання атмосфери, обумовлений поглинанням CO_2 знайдемо скориставшись таб.4.4. Зазвичай він дорівнює одиниці.

Також, на пропускання атмосфери дуже впливають опади. Коефіцієнт пропускання атмосфери, обумовлений опадами можна розрахувати скориставшись таблицею з Рис.2.7 та формулою (2.19).

**Международный код видимости, метеорологическая дальность видимости s_M
и показатель рассеяния $\alpha_{a,0.55}$**

Кодовый номер	Погодные условия	s_M , м	$\alpha_{a,0.55}$, км ⁻¹
0	Плотный туман	< 50	> 78,2
1	Густой туман	50...200	78,2...19,6
2	Обычный туман	200...500	19,6...7,82
3	Легкий туман	500...1000	7,82...3,91
4	Слабый туман	1000...2000	3,91...1,96
5	Дымка	2000...4000	1,96...0,954
6	Легкая дымка	10000	0,391
7	Ясно	20000	0,196
8	Очень ясно	50000	0,078
9	Совершенно ясно	> 50000	< 0,078

Рис.2.7 Міжнародний код видимості, та метеорологічна дальність та показник розсіювання

$$\tau_{\text{роз}} = \exp(-3.91 * d/S_M). \quad (2.19)$$

Також, необхідно врахувати сигнал фону [32]. Для цього скористаємось наступною формулою:

$$U_{\phi} = \tau_{\text{атм}} * \tau_{\text{ос}} * E_{\phi} * \frac{\pi * D^2}{4}, \quad (2.20)$$

де E_{ϕ} – освітленість фону

Виразуємо корисний сигнал:

$$U_{\text{кор1}} = U_{\text{ТВ}} - U_{\phi}. \quad (2.21)$$

Для розрахунку фону в тепловізійному каналі використовує формулу (2.10). Корисний сигнал виразуємо аналогічно (2.21):

$$U_{\text{кор2}} = U_{\text{ТП}} - U_{\phi}. \quad (2.21)$$

Висновки до розділу 2

Була розроблена фізико-математична модель для тепловізійного та телевізійного каналів. Був здійснений огляд умов та вплив ФЦО для реєстрації зображень. Проведено дослідження обраного методу (1.11) злиття зображень з використанням різних коефіцієнтів α .

РОЗДІЛ 3. ОБРУНТУВАННЯ ШЛЯХІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИБРАНОГО МЕТОДУ КОМПЛЕКСУВАННЯ ЗА ВИБРАНИМ ПОКАЗНИКОМ ЯКОСТІ

3.1 Алгоритми оцінки якості зображення

Можливі два підходи до оцінки якості зображень: кількісна оцінка за допомогою використання математичних методів (середньоквадратична помилка, L_p -норма, заходи, що враховують особливості сприйняття зображення зорової системою людини) і суб'єктивна оцінка на основі експертних оцінок.

Суб'єктивна оцінка якості зображення залежить від різних зовнішніх факторів, наприклад, умов навколишнього середовища, освітлення, настрою фахівця, який проводить оцінку, якості монітора, характеру розглянутих зображення та інших.

Кількісні заходи якості зображення також, як і суб'єктивні, можна розділити на дві групи: абсолютні і порівняльні. Абсолютна міра є число, зіставляти будь-якого зображення на основі аналізу цього зображення. Порівняльна міра є числовим результатом порівняння двох або більше зображень. Для порівняння також можна використовувати абсолютні заходи, обчислені для кожного зображення окремо [35].

В даній дисертації для оцінки якості зображення використовуємо суб'єктивний метод оцінки, адже ефективність злиття зображень в кінцевому результаті має оцінюватися оператором.

3.2 Дослідження результатів злиття зображень для різних умов спостережень

Проведено дослідження впливу коефіцієнта α на злиття зображення в різних умовах спостереження згідно формули (1.11) в програмі MatLab.

3.2.1 Об'єкт за димовою завісою

Вихідні зображення:







Рис. 2.8 Зображення отримане з тепловізійному каналі [34]








Рис 2.9 Зображення отримане в телевізійному каналі [34]

Результати злиття зображення приведені в таблиці 3.1

Таблиця 3.1 Результати злиття зображень

α	$I_{\text{ком}}$
0.1	
0.2	
0.3	
0.4	

α	$I_{\text{комп}}$
0.5	
0.6	
0.7	
0.8	

α	$I_{\text{комп}}$
0.9	

3.2.2 Об'єкт знаходиться в слабкоосвітленому приміщенні

Вихідні зображення:








Рис. 2.10 Зображення отримане в телевізійному каналі [34]







Рис. 2.11 Зображення отримане в тепловізійному каналі [34]

Результати злиття зображення приведені в таблиці 3.2

Таблиця 3.2 Результати злиття зображень

α	$I_{\text{ком}}$	
0.1		
0.2		
0.3		
0.4		
0.5		

α	$I_{\text{комп}}$
0.6	
0.7	
0.8	
0.9	

3.2.3 Об'єкт знаходиться в тумані

Вихідні зображення:







Рис. 2.12 Зображення отримане з телевізійного каналу [34]








Рис 2.13 Зображення отримане з тепловізійного каналу [34]

Результати злиття зображення приведені в таблиці 3.3

Таблиця 3.3 Результати злиття зображень

α	$I_{\text{комп}}$
0.1	
0.2	
0.3	
0.4	

α	$I_{\text{комп}}$
0.5	
0.6	
0.7	
0.8	

α	$I_{\text{комп}}$
0.9	

3.2.4 Об'єкт на фоні листви при денному світлі

Вихідні зображення:




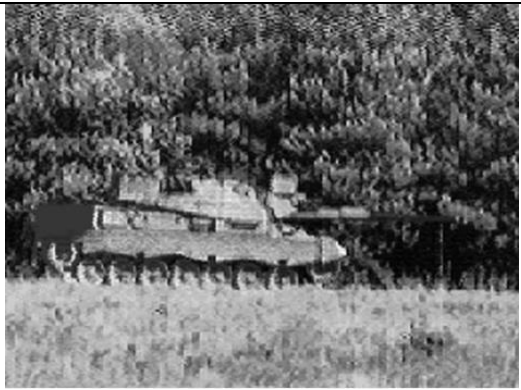

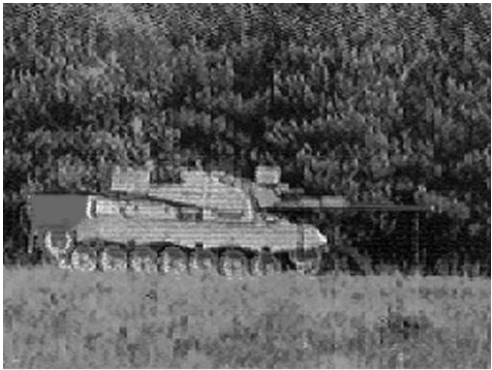
Рис. 2.14 Зображення отримане з телевізійного каналу [34]



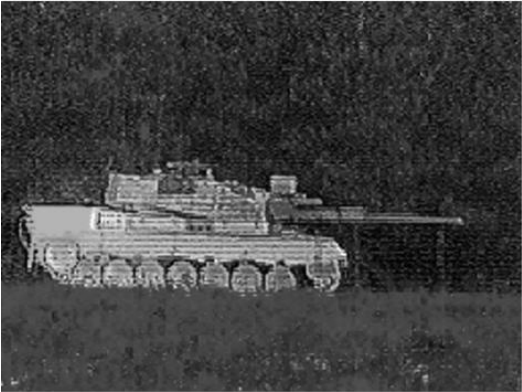
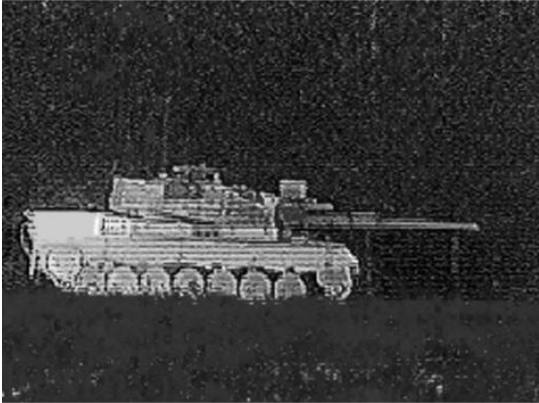


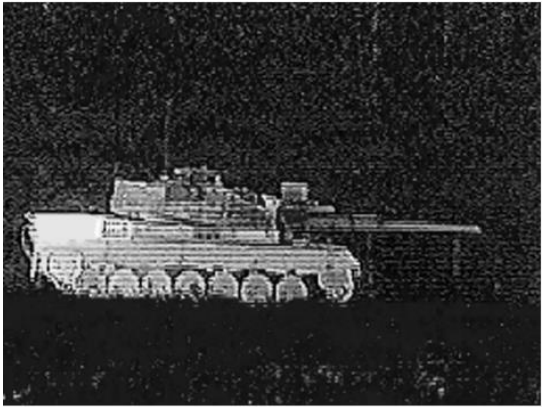
Рис. 2.15 Зображення отримане з тепловізійного каналу [34]

Результати злиття зображення приведені в таблиці 3.4

Таблиця 3.4 Результати злиття зображень

α	$I_{\text{ком}}$
0.1	
0.2	
0.3	
0.4	

α	$I_{\text{комп}}$
0.5	
0.6	
0.7	
0.8	

α	$I_{\text{комп}}$
0.9	

3.3 Оцінка якості зображень в різних умовах спостереження

В попередньому розділі було проведено дослідження злиття зображень виконаних в різних умовах спостережень за допомогою вибраного методу (1.11). Далі проведена суб'єктивна оцінка якості зкомплексованих зображень.

3.3.1 Оцінка якості зображень в умовах задимлення

Згідно таблиці 3.1 найбільш результативне зображення виходить при коефіцієнті $\alpha = 0,7$.

3.3.2 Оцінка якості зображень, коли об'єкт знаходиться в приміщенні з низькою освітленістю

Згідно таблиці 3.2 найбільш результативне зображення виходить при коефіцієнті $\alpha = 0,6$.

3.3.3 Оцінка якості зображень, коли об'єкт знаходиться в тумані

Згідно таблиці 3.3 найбільш результативне зображення виходить при коефіцієнті $\alpha = 0,9$.

3.3.4 Оцінка якості зображень, коли об'єкт на фоні листви при високій освітленості

Згідно таблиці 3.4 найбільш результативне зображення виходить при коефіцієнті $\alpha = 0,5$.

Висновки до розділу 3

В даному розділі були розглянуті методи оцінки зображення та обраний суб'єктивний метод оцінки, адже зазвичай з отриманим зображенням працює оператор. Було проведено дослідження злиття зображень для різних умов спостереження. Був обраний коефіцієнт α для найпоширеніших ФЦО:

1. Для об'єкта, що знаходиться в задимленому середовищі: $\alpha = 0.7$;
2. Для об'єкта, що знаходиться в приміщенні з низькою освітленістю: $\alpha = 0.6$;
3. Для об'єкта, що знаходиться в тумані: $\alpha = 0.9$;
4. Для об'єкта, що знаходиться при високій освітленості: $\alpha = 0.5$.

РОЗДІЛ 4 РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ «ОПТИМІЗОВАНИЙ АЛГЕБРАЇЧНИЙ МЕТОД ЗЛИТТЯ ЗОБРАЖЕНЬ»

4.1 Опис ідеї проекту

Запропонований метод належить до галузі оптики, зокрема до обробки зображень. Результатом проекту є оптимізація одного з методів злиття зображень. Такі системи зазвичай використовуються для отримання більшої інформації на фото.

Таблиця 4.1

Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Оптимізація алгебраїчного методу злиття зображень	1. Військовий напрям	Вдосконалена система злиття зображень
	2. Метрологія	
	3. Картографія	

В багатьох галузях існує проблема отримання інформативного зображення, тому постає питання про злиття декількох зображень одного діапазону або декількох різних діапазонів. Одним з методів злиття є алгебраїчний. Він один з найпростіших та не потребує важких розрахунків, тому не є найінформативнішим. Саме тому цей метод необхідно оптимізувати.

Таблиця 4.2

Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї
проекту

№ п/ п	Техніко- економічні характеристики ідеї	(Потенційні) товари/концепції конкурентів				W (слабк а стор.)	N (нейтр . стор.)	S (сильн а стор.)
		Мій проект	Арсена л	Луч	DARP А			
1	Вартість програмного забезпечення (економічні)	Безкошт .	\$1000	\$2000	\$10000			+
2	Кількість розробників (технологічні)	1-2	12-15	5-6	10 – 15			+
3	Автоматизація розрахунків	Автом.	Автом.	Автом.	Автом.		+	
4	Інформативніст ь	Інформ.	Інформ.	Інформ .	Дуже інформ .		+	

Сильними сторонами ідеї проекту є безкоштовність програмного забезпечення, хоча фірми, у інших конкурентів вартість програмного забезпечення дуже висока. Також, сильною стороною є невелика кількість розробників, оскільки для подібного методу нема необхідності в участі багатьох розробників. Нейтральною стороною є автоматизація розрахунків та інформативність.

4.2 Технологічний аудит ідеї проекту

Таблиця 4.3

Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Мінімізована система для ідентифікації людини за райдужкою	Алгебаїчний метод	Наявні	Доступні
2		Метод мультифокусу	Наявні	Доступні
3		Комбіновані методи	Не наявні	Не доступні
Обрана технологія реалізації ідеї проекту: алгебраїчний метод				

Обраною технологією є алгебраїчний метод. Цей метод не потребує великих розрахунків та спеціального програмного забезпечення. Технології цього методу є наявними та легкодоступними. Проаналізувавши обраний метод, можна зробити висновок, що реалізація проекту можлива.

4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Таблиця 4.4

Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од.	4
2	Загальний обсяг продаж, грн./ум.од.	300 млн. дол.
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає (8,2%/рік)
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Відсутні
5	Специфічні вимоги до стандартизації та специфікації	Відсутні
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	10%

Зробивши попередній аналіз ринку, можна зробити висновок, що потенційний ринок є привабливим для входження, оскільки динаміка ринку є позитивною, немає обмежень для виходу та немає специфічних вимог до стандартизації та специфікації.

Таблиця 4.5

Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	Необхідність у вдосконаленні алгебраїчного методу злиття зображень	Компанії які оброблюють інформацію, а саме фотографічну, для витягнення з них якомога більше інформації про місцевість	Ціна, результативність	Приваблива ціна, високий рівень інформативності.

Цільовою аудиторією є компанії, які оброблюють інформацію, а саме фотографічну, для витягнення з них якомога більше інформації про місцевість. Різна поведінка споживачів спричинена ціною та результативністю методів. Різницею у поведінці компаній є ціна та високий рівень інформативності результуючих зображень.

Таблиця 4.6

Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Створення нових дешевих методів злиття зображень	Створення конкурентами нових більш результативніших методів	Створення нового методу або вдосконалення запропонованого методу
2	Оптимізація існуючих методів	Конкуренти можуть оптимізувати свої методи	Вдосконалення запропонованого методу

3	Небажання поновлювати вже існуючі системи	Небажання компаніями переобладнувати своє програмне забезпечення	Запропонувати з продажем методу безкоштовне налаштування
4	Бажання клієнтів отримати ще більш інформативні зображення	Бажання клієнтів отримати ще більш інформативні зображення	Створення нового методу або вдосконалення запропонованого методу
5	Зниження ціни конкурентами	Конкуренти можуть знизити ціну на свої методи	Знижувати ціну або вдосконалювати запропонований метод

Аналіз факторів загроз показав, що поведінка конкурентів може завадити виходу на ринок. Конкуренти можуть створити новий метод, або вдосконалити свої існуючі методи. Також, вони можуть знизити ціну на свій метод. Тому основними реакціями компанії є оптимізація запропонованого методу та пошук нових результативніших рішень.

Таблиця 4.7

Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Потреба клієнтів в результативнішому методі	Клієнти хочуть отримати більш результативніші методи	Вдосконалення запропонованого методу
2	Винайдення простого та результативного методу	При оптимізації та аналізу методів можливе винайдення нового методу злиття зображень	Оптимізація запропонованого методу та аналіз існуючих
3	Можливість здешевлення методу	Нові технології можуть сприяти зменшенню ціни	Впровадження нових технологій
4	Вихід на міжнародний ринок	Можливість виходу на міжнародний ринок	Впровадження нових технологій, вдосконалення запропонованого методу

Аналіз факторів можливостей показав, що поведінка споживачів може призвести до вдосконалення виробництва, появи нових технологій, виходу на міжнародний ринок, можливості здешевлення методу. Тому, є необхідність в подальшому шукати методи вдосконалення методу, аналіз існуючих та впровадження нових технологій.

Таблиця 4.8

Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1. Монополістична конкуренція	Галузь в основному є конкурентоспроможною, проте існує декілька явних лідерів	Щоб вийти на ринок необхідно мати конкурентний метод злиття зображень
2. Глобальний рівень конкурентної боротьби	Закордонні та Українські конкуренти	Необхідно спочатку вийти та стати лідером на українському ринку, а далі намагатися вийти на міжнародний
4. Товарно-видова конкуренція	Конкуренція між товарами одного виду	Оптимізація запропонованого методу та пошук нових
5. Ціновий характер	Продукція дуже дорога	Зменшити вартість розробки, впровадити нові технології

Ступеневий аналіз конкуренції на ринку показав, що наявна конкуренція в Україні ускладнює вихід на ринок, тому необхідно створити якісний метод. Але, мій метод є недорогим, тому може конкурувати з

існуючими компаніями. Для впровадження методу за кордон, необхідно впроваджувати нові технології.

Таблиця 4.9

Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
Складові аналізу	Арсенал Луч Фотоприлад DARPA	Наявність товарних знаків, розмір капіталовкладень, доступ до ресурсів, можливість використання новітніх технологій	Значення розміру поставок для постачальників, налагоджені поставки	Торгівельні знаки, прибутки, система інформації	Нема товарів замінників
Висновки :	В межах України конкурентна боротьба неінтенсивна	Є можливості входу на ринок за рахунок гнучкості цін, переваг у затратах.	Постачальники не диктують умови роботи на ринку	Клієнти диктують певні умови: впізнаваність продукту, ціна, реклама, якість	Нема товарів замінників

Зробивши аналіз конкурентного ринку, та деякі обмеження з боку клієнтів, можна зробити висновок, що робота на ринку буде дуже важкою, проте можлива через переваги в ціні та не великої різниці в результатах. Для виходу на закордонний ринок, потрібно ще вдосконалювати проект.

Таблиця 4.10

Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Потреби споживачів	Потреби споживачів обумовлюють необхідність розробки проекту

2	Ціна та собівартість продукції	Рівень цін повинен бути менший ніж ціни конкурентів
3	Результативність	Результат має бути інформативним
4	Маркетинговий потенціал	Створити гарний імідж компанії
5	Простота експлуатації	Метод повинен бути простим у використанні для будь-яких користувачів
6	Технічне обслуговування	Міжнародна технічна допомога та обслуговування клієнтів

Результат обґрунтування факторів конкурентоспроможності показав, що існує фактор потреби споживачів, який обумовлює необхідність розробки проекту. Цей проект повинен конкурувати за факторами ціни та собівартості, тобто ціна та собівартість повинні бути меншими в порівнянні з рівнем ціни та собівартістю у конкурентів, простим в експлуатації, тобто не потребувати високого рівня знань у споживачів, а також, повинен бути простим в технічному обслуговуванні.

Таблиця 4.11

Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін «Оптимізація алгебраїчного методу злиття зображень»

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з «Оптимізація алгебраїчного методу злиття зображень»						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1	Потреби споживачів	12							+
2	Ціна та собівартість продукції	20				+			
3	Результативність	14						+	
4	Маркетинговий потенціал	16						+	
5	Простота експлуатації	17					+		
6	Технічне обслуговування	18				+			

Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін «Оптимізація алгебраїчного методу злиття зображень» показав, що в цілому результативність, маркетинговий потенціал та потреби споживачів запропонованого проекту є дещо слабкими сторонами у порівнянні з конкурентами, тому необхідно покращувати позиції в цьому напрямку. До сильних факторів конкурентоспроможності можна віднести ціну та собівартість продукції, простоту експлуатації та технічне обслуговування.

Таблиця 4.12

SWOT-аналіз стартап-проекту

<u>Сильні сторони:</u> низька собівартість продукції дає змогу зменшити поріг на кінцеву ціну; висока якість продукції; технічне обслуговування	<u>Слабкі сторони:</u> слабкий імідж продукції – на ринку певний час компанія буде маловідомою; не повне задоволення потреб всіх споживачів.
<u>Можливості:</u> можливість створення нового методу, вдосконалення запропонованого методу; вихід на міжнародний ринок	<u>Загрози:</u> поява нових гравців на ринку; активність конкурентів – конкуренти можуть запропонувати нові додаткові послуги; нові потреби споживачів

SWOT-аналіз стартап проекту дає зрозуміти, що сильними сторонами проекту є низька собівартість, а тому і низька ціна продукції, простота використання та технічне обслуговування. До слабких сторін належать початковий слабкий імідж продукції на ринку, не повне задоволення потреб деяких користувачів. Поява нових гравців на ринку, активність конкурентів та нові потреби споживачів – це ринкові загрози, а поява нових технологій сприятиме збільшенню інтересу, потреб споживачів, а отже і зростанню ринку

– це ринкові можливості, до яких можна додати можливість створення нового ринку, вдосконалення запропонованого методу, вихід на міжнародний ринок.

Таблиця 4.13

Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Проведення робіт по підвищенню кваліфікації робітників компанії	70%	1-4 міс.
2	Приймати участь в міжнародних конференціях	50%	3-12 міс.
3	Запросити професійних інженерів в цій галузі	20%	2-6 міс.

На основі SWOT-аналізу було розроблено альтернативи ринкової поведінки для виведення стартап-проекту на ринок та орієнтовний оптимальний час їх ринкової реалізації з огляду на потенційні проекти конкурентів, що можуть бути виведені на ринок. З усіх альтернатив було обрано проведення робіт по підвищенню кваліфікації робітників компанії – 70%, а строки реалізації – найменшими 1-4 міс. Але не виключається дві інші альтернативи, оскільки вони можуть підвищити імідж серед Українських користувачів, а також серед іноземних. Остання альтернатива може сприяти підвищенню одразу всіх робітників.

4.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

Таблиця 4.14

Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Військові підприємства	Готові	500 копій	Значна	Важко
2	Метрологічні підприємства	Готові	300 копій	Значна	Середня
3	Картографія	Готові	200 копій	Значна	Легкий
Які цільові групи обрано: військові підприємства					

Цільовою групою потенційних клієнтів було обрано військові підприємства, оскільки їм не завжди потрібна високий рівень інформативності, а існуючі в них методи є достатньо дорогими. Всі групи готові сприйняти продукт. Орієнтовний попит для першої групи – 500 копій, другої – 300 копій, третьої – 200. Інтенсивність конкуренції в сегменті в рамках України значна, а вхід у сегмент є важким, проте реальним. Оскільки компанія працює з декількома сегментами – вона використовуватиме стратегію диференційованого маркетингу.

Таблиця 4.15

Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
1	Проведення робіт по підвищенню кваліфікації	Ексклюзивний розподіл	Підвищення рівня кваліфікації сприятиме	Стратегія диференціації

	робітників компанії		оптимізації запропонованого методу, а також винайдення нових.	
--	---------------------	--	---	--

Для обраної альтернативи розвитку проекту було обрано ексклюзивний розподіл як стратегію охоплення ринку, а базовою стратегією – стратегію диференціації. Така стратегія є найбільш доцільною, оскільки вона знижує ступінь замінності товару по відношенню до прямих конкурентів, посилює прихильність марці, зменшує чутливість до ціни і тим самим підвищує рентабельність.

Таблиця 4.16

Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки?
1	Ні, оскільки у конкурентів реалізовані подібні методи	Компанія буде забирати існуючих споживачів у конкурентів і шукати нових	Так, оскільки метод оптимізується, а не створюється новий	Стратегія позиціонування

Базовою стратегією конкурентної поведінки було обрано стратегію позиціонування, оскільки вона є найбільш доцільною. Компанія показує чим продукт унікальний, чим відрізняється від конкурентів, чим корисний споживачу, а саме відбувається позиціонування на особливостях технології, що є важливим для споживачів. Також, з таблиці видно, що товар не є "першопрохідцем" та буде копіювати основні характеристики товарів у конкурентів.

Таблиця 4.17

Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1	Результативність	Стратегія диференціації	Використання сучасного методів та підходів для вирішення поставлених задач	Простота, результативність, технічне обслуговування
2	Технічне обслуговування			
3	Простота			

Основними вимогами до товару цільової аудиторії є результативність, технічне обслуговування та простота. Ключові конкурентоспроможні позиції дають можливість виконати ці вимоги у повному обсязі, тому і було обрано асоціації на базі вимог цільової аудиторії, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту – простота, результативність, технічне обслуговування.

4.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Таблиця 4.18

Визначення ключових переваг

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1	Оптимізований алгебраїчний метод злиття зображень	Дає змогу отримувати одне зображення з двох або більше каналів з більшою результативністю	Пропонований прилад є більш результативним за попередній, а також легкий у використанні і не потребує високої кваліфікації користувача

Формування маркетингової концепції товару, який отримає споживач, показало, що споживачі, у яких буде впроваджено даний стартап-проект, будуть задовольнятися потреби, зокрема зливати зображення з двох чи більше каналів з більшою результативністю ніж минулий метод.

Таблиця 4.19

Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Товар за задумом	Оптимізований метод злиття зображень		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх/Тл/Е/Ор
	1. Результативність	Нм	Тх
	2. Простота використання	Нм	Е
	3. Технічне забезпечення	М	Тх
	Якість: параметри тестування, стандарти, нормативи, точність, результативність		
	Пакування: електронна версія		
Марка: ""			
III. Товар із підкріпленням	До продажу: вміння проектувати оптичні та оптико-електронні прилади		
	Після продажу: не потребує особливих навичок		
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: патенту на корисну модель, комерційної таємниці			

Опис трьох рівнів моделі товару показав, що основний задум даного стартап-проекту полягає у оптимізації алгебраїчного методу злиття зображень. Перевагою даного проекту є підвищення рівня результативності в порівнянні з низьким рівнем ціни на проект. До продажу виробникам потрібно мати особливі навички для створення приладу, а після продажу клієнти зможуть користуватися без спеціальних навичок, що робить прилад простим у використанні. Проект буде захищено від копіювання за рахунок патенту на корисну модель та комерційної таємниці.

Таблиця 4.20

Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари замітники	Рівень цін на товари аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1	-	\$400 - 500	\$1000-2000	\$100-300

Виконавши аналіз рівня цін на товари замітники, товари аналоги та доходів цільової групи споживачів було сформовано нижню \$100 та верхню \$300 межі встановлення ціни на товар, що дає цінову перевагу перед товарами конкурентів.

Таблиця 4.21

Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна систему збуту
1	На сьогоднішній день клієнти купують продукцію безпосередньо у компанії розробника	- встановлення контактів зі споживачами, їх підтримка; - розробка і реалізація програм з підтримки лояльності клієнтів; - дослідницька робота зі збору маркетингової інформації.	Канал нульового рівня (виробник безпосередньо продає товар клієнту)	Збут продукції відбуватиметься безпосередньо через сайт виробника

Збут товару буде відбуватися через сайт розробника. Завдяки цьому можна легко встановлювати контакти зі споживачами та їх подальшу підтримку, організовувати дослідницьку роботу зі збору маркетингової інформації та розробку і реалізацію програм підтримки лояльності клієнтів.

Таблиця 4.22

Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного повідомлення
1	Клієнти дізнаються про нові продукти з реклами в інтернеті, наукових публікацій, сайтів компаній, соціальних мереж, за рекомендаціями інших людей, наукових конференціях	Соціальні мережі, публікації, інтернет	SMM, контент-маркетинг	Представлення товару з метою залучення та зацікавлення клієнтів	«Оптимізований алгебраїчний метод злиття зображень»

Зважаючи на те, що цільові клієнти більше частину інформації про нові товари отримують через мережу інтернет, сайти, соціальні мережі та публікацій, то доцільними ключовими позиціями було обрано SMM та контент-маркетинг. Завданням рекламного повідомлення є зацікавлення та позиціонування товару новим клієнтам. Також, необхідним є створювати наукові публікації та виступи на наукових конференціях.

Висновки до розділу 4

Виконавши загальний аналіз здійснення ідеї стартап-проекту, можна зробити загальний висновок.

Попит на продукцію є, що підтверджується позитивною динамікою ринку та потребі в оптимізованому алгебраїчному методі, для отримання більш результативного вихідного зображення.

Інтенсивність конкуренції в сегменті в рамках України значна, а вхід у сегмент є важким, проте реальним.

Цільовою групою потенційних клієнтів є військові підприємства, оскільки їм не завжди потрібна високий рівень інформативності, а існуючі в них методи є достатньо дорогими.

В якості альтернативи впровадження проекту доцільно обрати обрано проведення робіт по підвищенню кваліфікації робітників компанії. За межами України є необхідність у виступах на конференціях та примати участь у міжнародних виставках.

Перевагою даного проекту є підвищення рівня результативності в порівнянні з низьким рівнем ціни на проект. До продажу виробникам потрібно мати особливі навички для створення приладу, а після продажу клієнти зможуть користуватися без спеціальних навичок, що робить прилад простим у використанні. Проект буде захищено від копіювання за рахунок патенту на корисну модель та комерційної таємниці.

Оскільки цільова аудиторія дізнається про нову продукцію переважно через мережу інтернет, спеціальних видань, профільних сайтів та публікацій, було вирішено, що найдоцільнішим шляхом розповсюдження продукції є сайт виробника. Також, необхідним є створювати наукові публікації та виступи на наукових конференціях.

Здійснення (імплементация) запропонованого проекту є доцільною, оскільки технології та проекти в області злиття зображень залишаються та будуть актуальними у майбутньому.

Висновки

Метою даної дисертації є покращити споживчі якості оптико-електронних систем спостереження.

В ході виконання дисертації мною було здійснено огляд найпопулярніших рішень комплексування зображень, розроблена фізико-математична модель реєстрації зображень в двох різних каналах (ТПВ і ТВ), здійснено дослід злиття зображень покращеного методу в різних умовах, розроблено стартап проект, що вказує на економічну доцільність розробки даного методу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Тарасов В.В. Двух- и многодиапазонные оптико-электронные системы с маричными приемниками излучения/ Тарасов В.В. Якушенков Ю.Г. – М.: Университетская книга, Логос, 2007. – 192 с.
2. Тарасов В.В. Инфракрасные системы "смотрящего" типа/Тарасов В.В., Якушенков Ю.Г. - М.: Логос, 2004. – 269с.
3. У. Волфа Справочник по инракрасной технике./4-е изд. У. Волфа и Г. Цисиса. - М: Мир, 1999. – 544 с.
4. J.S.Accetta Infrared ad Electro-Optical System Handbook /J.S.Accetta, D.L. Shumaker - ERIM, Ann Arbor, Bellingham: SPIE Proc., 1993. - 3024 p.
5. Климанський Д. М. Методи комплексування зображень / Климанський Д. М., Васильчук М. Т., Микитенко В. І.// XIV Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Ефективність інженерних рішень у приладобудуванні», 4-5 грудня 2018 р. – К.: ПБФ, КІП ім. Ігоря Сікорського. – 2018. – 62-64 с.
6. Otsu N. A threshold selection method from gray-level histograms /Otsu N// IEEE Trans. Sys., Man. - 1979. - № 9 – P. 62-66.
7. Liu Z. "Context Enhancement through Infrared Vision: A Modified Fusion Scheme"/ Liu Z., Laganieri R.//Signal, Image and Video Processing – 2007. - Vol. 1, №. 4, - P. 293-301.
8. А.С.Васильев Методы комплексирования изображений в многоспектральных оптико-электронных системах/ А.С. Васильев, А.В. Трушкина// Приборостроение - 2017, т.60 №7 , - С.647-653.
9. Аксенов О.Ю. Совмещение изображений/ Аксенов О.Ю. // Цифровая обработка сигналов - 2005 - № 3 – С. 51-55
10. В.А.Моисеев Принципы построения многоспектральных комплексированных оптико-электронных систем / В.А. Моисеев, Е.А. Терешин, Э.А. Демьянов и др. // Известия вузов. Приборостроение. - 2004. - Т. 47. № 9 - С. 51-57.

11. Многоспектральные изображения [Электронный ресурс]/ laser-portal.ru
– Режим доступа:
http://www.laser-portal.ru/content_597
12. Комплексування зображень у цілодобових двоканалних системах спостереження [електронний ресурс]/ela.kpi.ua – Режим доступу:
<http://ela.kpi.ua/jspui/handle/123456789/10737>
13. Young S. S. Signal processing and performance analysis for imaging systems / S. S. Young, R. G. Driggers, E. L. Jacobs. – Artech House Publisher, New York, 2008. – 304 p
14. Т.С. Іващук Синхронізація зображень у мультимоніторингових системах/ Т.С. Іващук, Л.С. Квурт// Національний університет “Львівська політехніка” – 2007 - №1 – С. 49-52
15. Билл Грин Алгоритм выделения контуров CANNY [електронний ресурс]/masters.donntu.org - Режим доступа:
<http://masters.donntu.org/2010/fknt/chudovskaja/library/article4.htm>
16. Qilei Li, Xiaomin Yang, Wei Wu, Kai Liu, and Gwanggil Jeon Multi-Focus Image Fusion Method for Vision Sensor Systems via Dictionary Learning with Guided Filter - Sensors (Basel). 2018 Jul; 18(7): 2143.
17. Huang Ying a,b, Xie Rong A Block Image Fusion Algorithm Based on Algebraic Multi-grid Method - ICICT-2018
18. Rast, M., Jaskolla, M., and Aranson, F. K., 1991, Comparative digital analysis of Seasat-SAR and Landsat-TM data for Iceland. International Journal of Remote Sensing, 12, 527-544.
19. Gillespie, A. R., Kahle, A. B., and Walker, R. E., 1986, Colour enhancement of highly correlated images. I. Decorrelation and HSI contrast stretches. Remote Sensing and Environment, 20, 209-235.
20. Carper, W. J., Lillesand, T. M., and Kieffer, R. W., 1990, The use of Intensity-Hue-Saturation transformations for merging SPOT Panchromatic and multispectral image data. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 56, 459-467.

21. Grasso, D. N., 1993, Application of the IHS colour transformation for 1:24,000-scale geologic mapping: a low cost SPOT alternative. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 59, 73-80.
22. Hinse, M., and Proulx, J., 1995, Numerimage, Bulletin d'Information Quadrimestriel (Quebec), 3, p. 2.
23. Singh, A., and Harrison, A., 1985, Standardized principal components. *International Journal of Remote Sensing*, 6, 883-396.
24. Shettigara, V. K., 1992, A generalized component substitution technique for spatial enhancement of multispectral images using a higher resolution data set. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 58, 561-567.
25. Fung, T., and LeDrew, E., 1987, Application of Principal Component Analysis to change detection. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 53, 1649-58.
26. Zobrist, A. L., Blackwell, R. J., and Stromberg, W. D., 1979, Integration of Landsat, Seasat, and other geo-data sources. *Proceedings 13th International Symposium on Remote Sensing of Environment, ERIM, Ann Arbor, USA, 23-27 April 1979*, pp. 271-280.
27. Rothery, D. A., and Francis, P. W., 1987, Synergistic use of MOMS-01 and Landsat TM data. *International Journal of Remote Sensing*, 8, 501-508.
28. Campbell, N. A., 1993, Towards more quantitative extraction of information from remotely sensed data. *Advanced Remote Sensing, Conference Proceedings, held in Sydney, Australia*, 2, 29-40.
29. Mallat, S. G., 1989, A theory for multiresolution signal decomposition: The wavelet representation. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 11, 674-693.
30. Z. Qiang, W. Long, L. Huijuan, M. Zhaokun, Similarity-based multimodality image fusion with shiftable complex directional pyramid, *Pattern Recognition Letters*, vol. 32, pp. 1544-1553, 2011.

31. Колобродов В.Г., Аль-Мзіраві А.М., Микитенко В.І. Удосконалення розрахунку мінімальної роздільної різниці температур медичного тепловізора // Наукові вісті НТУУ «КПІ». - 2014. - №5. - С. 96 – 100.
32. Колобродов В.Г., Микитенко В.І. Комплексування інформації в багатоканальних оптико-електронних системах спостереження (монографія) К.: «Аверс», 2013. – 178 с.
33. Науково-практичні аспекти створення тепловізійних систем: монографія / В.Г. Колобродов, В.І. Гордієнко, В.І. Микитенко, І.В. Мазурін, С.І. Клюфас – К: НТУУ КПІ, 2015. – 159 с.
34. Image for image fusion process [електронний ресурс]/researchgate.net-
Режим доступу:
https://www.researchgate.net/post/Does_anyone_have_an_image_dataset_for_image_fusion_task
35. Ю.И. Монич, Оценки качества для анализа цифровых изображений / Ю.И. Монич, В.В. Старовойтов // "Штучний інтелект" – 2008 - №4 – С.376 – 386.